

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
3. April 2003 (03.04.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/027461 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F02C 6/18, 1/10, F01D 17/12

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB02/03912

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. September 2002 (23.09.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
1765/01 24. September 2001 (24.09.2001) CH

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ALSTOM (SWITZERLAND) LTD [CH/CH]; Brown Boveri Strasse 7, CH-5401 Baden (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FRUTSCHI, Hans, Ulrich [CH/CH]; Bruggerstrasse 9, CH-5223 Riniken (CH). GRIFFIN, Timothy [US/CH]; Bachtalstrasse 15, CH-5408 Ennetbaden (CH). SPAN, Roland [DE/DE]; Sennemühlenweg 29, 33106 Paderborn-Sande (DE). WINKLER, Dieter [DE/DE]; Am Eichwald 9, 79787 Lauchringen (DE).

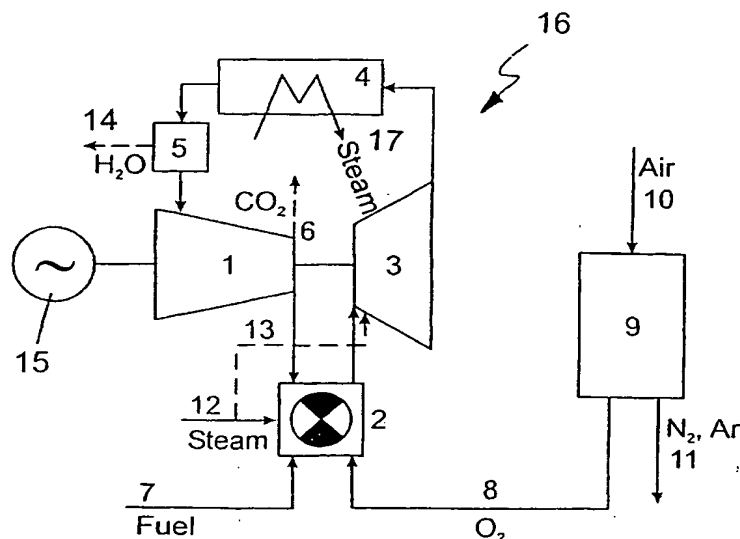
(74) Gemeinsamer Vertreter: ALSTOM (SWITZERLAND) LTD; CHSP Intellectual Property, Brown Boveri Str. 7/699/5, CH-5401 Baden (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: GAS TURBINE SYSTEM FOR WORKING FLUID IN THE FORM OF A CARBON DIOXIDE/WATER MIXTURE

(54) Bezeichnung: GASTURBINENANLAGE FÜR EIN ARBEITSMEDIUM IN FORM EINES KOHLENDIOXID/WASSER-GEMISCHES



(57) Abstract: The invention concerns a gas turbine system (16) consisting of a compressor (1), a combustion chamber (2), a turbine (3) and at least a cold source (4), said turbine system being driven by a carbon dioxide/water mixture. In the combustion chamber (2), a hydrocarbon reacts as fuel (7) with oxygen (8), and the excess carbon dioxide thus produced and water (14) are tapped in the circuit. The compressor (1) and the turbine (3) respectively comprise a rotor with vanes, and a housing with flow channels and guide grids. The invention is characterized in that the compressor (1) and/or the turbine (3) are adapted to the working fluid expansion properties, different from those of air, by modification of the flow channels, the vanes and/or guide grids.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/027461 A1



SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

- (84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Eine Gasturbinenanlage (16) mit einem Verdichter (1), einer Brennkammer (2), einer Turbine (3) und mindestens einer Wärmesenke (4) wird mit einem Arbeitsmedium in Form eines Kohlendioxid/Wasser-Gemisches betrieben. In der Brennkammer (1) reagiert ein Kohlenwasserstoff als Brennstoff (7) mit Sauerstoff (8), und das dadurch entstehende überschüssige Kohlendioxid und Wasser (14) wird dem Kreislauf entnommen. Der Verdichter (1) und die Turbine (3) weisen jeweils einen Rotor mit Laufschaufeln und ein Gehäuse mit Strömungskanälen und Leitgittern auf. Erfindungsgemäss wird bei dem Verdichter (1) und/oder der Turbine (3) die Anpassung an das von Luft verschiedene Expansionsverhalten des Arbeitsmediums durch Modifikationen der Strömungskanäle, der Laufschaufeln und/oder der Leitgitter bewirkt.

BESCHREIBUNG

GASTURBINENANLAGE FÜR EIN ARBEITSMEDIUM IN FORM EINES KOH- LENDIOXID/WASSER-GEMISCHES

TECHNISCHES GEBIET

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Technik von Gasturbinen. Sie betrifft eine Gasturbinenanlage für ein Arbeitsmedium in Form eines Kohlendioxid/Wasser-Gemisches gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

STAND DER TECHNIK

Aus dem Stand der Technik sind Gasturbinenanlagen bekannt, die in einem Kreislauf mit einem Arbeitsmedium in Form eines Kohlendioxid/Wasser-Gemisches arbeiten und sich dadurch auszeichnen, dass sie die Verbrennung von kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffen ohne Abgabe von Kohlendioxid an die

Atmosphäre ermöglichen. Eine solche Gasturbinenanlage ist beispielsweise in der Druckschrift US-A-5,247,791 beschrieben.

In Fig. 1 ist eine vergleichbare Gasturbinenanlage 16 mit einem zum grossen Teil geschlossenen CO₂-Gasturbinenkreislauf in einem Blockschema dargestellt. Die Gasturbinenanlage 16 umfasst einen Verdichter 1 und eine Turbine 3, die über eine gemeinsame Welle mit einem Generator 15 verbunden sind. Die Gasturbinenanlage 16 umfasst weiterhin eine Brennkammer 2, einen Kühler und/oder Abwärmeverwerter 4, einen Wasserabscheider 5 und eine Entnahmestelle 6 zur CO₂-Entnahme. In der Brennkammer 2 wird ein Brennstoff 7 in Form eines Kohlenwasserstoffes, z.B. ein Erdgas mit der Hauptkomponente Methan, in einer aus Sauerstoff 8, Kohlendioxid und ggf. Wasser aufbereiteten Atmosphäre einer inneren Verbrennung unterzogen. Die durch die Verbrennung entstehenden Komponenten Kohlendioxid und Wasser, sowie ggf. mit dem Sauerstoff oder dem Erdgas eingeführte Inertgase werden laufend entfernt, so dass ein Kreislauf mit weitgehend konstanter Zusammensetzung des Arbeitsmediums aufrechterhalten bleibt. Dabei kann das Wasser, wie in Fig. 1 dargestellt, in dem Wasserabscheider 5 auskondensiert werden. An einer anderen Stelle des Kreislaufs, bevorzugt hinter dem Verdichter 1 an der Entnahmestelle 6, kann das überschüssige Kohlendioxid weitgehend rein abgetrennt werden. Das Kohlendioxid kann dann in geeigneter Weise deponiert werden, so dass praktisch kein Kohlendioxid in die Atmosphäre abgegeben wird. Alternativ kann kein oder nur ein Teil des Wassers im Wasserabscheider 5 auskondensiert werden, so dass an der Entnahmestelle 6 ein Kohlendioxid/Wasser-Gemisch abgeführt wird.

Der für die Verbrennung des Brennstoffs 7 benötigte Sauerstoff 8 wird in einer Luftzerlegungsanlage 9 aus angesaugter Luft 10 erzeugt. Restgase 11 in Form von Stickstoff (N₂) und Argon (Ar), die dabei als Abfallprodukt anfallen, können entweder in die Atmosphäre entlassen oder anderweitig genutzt werden.

Der im Kühler/Abwärmeverwerter 4 erzeugte Dampf 17 kann entweder in einem unabhängigen Prozess, z.B. in einer nachgeschalteten Dampfturbine, genutzt

werden, oder als Einspritzdampf 12 in die Brennkammer 2 eingespritzt werden, um den Massenstrom in der Turbine 3 und damit Leistungsausbeute und Wirkungsgrad des Prozesses zu erhöhen. Zusätzlich kann ein Teilstrom 13 des Dampfes zur effektiven Kühlung thermisch belasteter Bauteile in der Turbine 3 genutzt werden.

Werden Verdichter 1 und Turbine 3 speziell für die Erfordernisse des jeweiligen Arbeitsmediums konstruiert und ausgelegt, so besteht kein Zweifel an der technischen Machbarkeit eines solchen Prozesses. Allerdings wird es aus wirtschaftlichen Gründen notwendig sein, entsprechende Gasturbinenanlagen 16 zumindest vorübergehend mit Verdichtern 1 und Turbinen 3 zu betreiben, die ausgehend von existierenden, für den Betrieb mit Umgebungsluft ausgelegten Maschinen möglichst wenig modifiziert wurden.

In diesem Zusammenhang wird in der Literatur die im Vergleich zu Luft sehr viel geringere Schallgeschwindigkeit in Kohlendioxid als wichtigste Herausforderung diskutiert. Fig. 2, in welcher die Schallgeschwindigkeit in Kohlendioxid/Wasser-Gemischen in Abhängigkeit vom Anteil des Wassers bei einem Druck von 3 MPa und zwei unterschiedlichen Temperaturen (700 K und 1400 K) aufgetragen ist, zeigt aber, dass sich durch Verwendung von Kohlendioxid/Wasser-Gemischen über weite Konzentrationsbereiche (z.B. $0.6 < x_{\text{H}_2\text{O}} < 0.8$) Schallgeschwindigkeiten einstellen lassen, die der Schallgeschwindigkeit in Luft hinreichend ähnlich sind (geht man davon aus, dass Verdichter grosser Gasturbinen typischer Weise mit Machzahlen von etwa 0.7 betrieben werden, so sollten bis zu etwa 20% niedrigere Schallgeschwindigkeiten tolerabel sein).

Ein erhebliches Problem ergibt sich dagegen aus dem unterschiedlichen Expansions- und Kompressionsverhalten von Luft auf der einen und Kohlendioxid/Wasser-Gemischen auf der anderen Seite. Fig. 3, in welcher die Abweichung des Volumenstroms in % bei der Expansion von Kohlendioxid/Wasser-Gemischen gegenüber Luft für drei unterschiedliche Wasseranteile x dargestellt ist, verdeutlicht diesen Zusammenhang am Beispiel einer von $T = 1500 \text{ K}$ und $p = 3 \text{ MPa}$ ausgehen-

den Expansion mit einem konstant angenommenen polytropen Wirkungsgrad von $\eta_{\text{pol}} = 0.9$. Aufgrund des von Luft verschiedenen Isentropenexponenten der Kohlendioxid/Wasser-Gemische ergeben sich auf der Niederdruckseite um ca. 30 bis 35% grössere Volumenströme und damit, bei unveränderten Strömungsquerschnitten, entsprechend grössere Axialgeschwindigkeiten. Dieser Effekt lässt sich nur in geringem Masse durch Variation der Zusammensetzung beeinflussen. Im Verdichter 1 ergeben sich umgekehrt auf der Hochdruckseite deutlich kleinere Volumenströme und damit kleinere Axialgeschwindigkeiten als beim Betrieb mit Luft.

Erschwerend wirkt sich aus, dass sich im Kreislauf nicht kondensierbare Inertgase ansammeln, deren Konzentration im Gleichgewicht etwa gleich dem Anteil der entsprechenden Gase im verwendeten Erdgas ist. Damit ergeben sich in Abhängigkeit vom verwendeten Erdgas signifikant unterschiedliche thermodynamische Eigenschaften des Arbeitsmediums.

Der Aufwand für die Modifikation existierender Turbinen und damit ihre Erfolgchancen hängen wesentlich davon ab, ob es gelingt, diese Unterschiede im Expansionsverhalten zu kompensieren, ohne Läufer (Rotor) und Gehäuse der Turbinen drastisch modifizieren und die Beschaufelung komplett neu auslegen zu müssen.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine mit einem Kohlendioxid/Wasser-Gemisch als Arbeitsmedium arbeitende Gasturbinenanlage zu schaffen, welche auf einfache und kostengünstige Weise von einem Verdichter und/oder einer Turbine Gebrauch macht, die für einen Betrieb mit dem Arbeitsmedium Luft ausgelegt sind.

Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Der Kern der Erfindung besteht darin, einen Verdichter und/oder die Turbine (3)

mit einem Rotor und einem Gehäuse einzusetzen, welche weitgehend einem Rotor und einem Gehäuse eines für das Arbeitsmedium Luft ausgelegten Verdichters bzw. einer für das Arbeitsmedium Luft ausgelegten Turbine entsprechen. Die Anpassung an das von Luft verschiedene Expansionsverhalten des Arbeitsmediums wird dann im wesentlichen durch Modifikationen der Strömungskanäle und/oder der Laufschaufeln und/oder der Leitgitter bewirkt. Hierdurch ist es möglich, auf bereits vorhandenen Verdichtern bzw. Turbinen aufzubauen, die dann im Inneren mit vergleichsweise geringfügigen Änderungen an das neue Arbeitsmedium angepasst werden.

10

Gemäss einer ersten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird die notwendige Modifizierung dadurch bewirkt, dass die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter und/oder Turbine durch Blockieren eines Teils der Strömungskanäle im Leitgitter in Form von blockierten Sektoren reduziert sind.

15

Gemäss einer zweiten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird die notwendige Modifizierung dadurch bewirkt, dass die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter und/oder Turbine durch Einfügen ringförmiger Strömungshindernisse in den Leitgittern reduziert sind.

20

Gemäss einer dritten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird die notwendige Modifizierung dadurch bewirkt, dass die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter und/oder Turbine durch verstellbare Leitgitter reduziert werden.

25

Es ist aber auch denkbar, dass die freien Strömungsquerschnitte in Verdichter und/oder Turbine unverändert bleiben und statt dessen die Beschaukelung des Verdichters bzw. der Turbine an die veränderten Axialgeschwindigkeiten angepasst ist.

30

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn in Verdichter und/oder Turbine verstellbare Leitgitter vorgesehen sind, um durch Inertgase bedingte Variationen der thermodynamischen Eigenschaften des Arbeitsmediums zu kompensieren.

- 5 Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

- 10 Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

- Fig. 1 ein Anlagenschema einer beispielhaften, mit einem Kohlendioxid/Wasser-Gemisch als Arbeitsmedium arbeitenden Gasturbinenanlage;
- 15 Fig. 2 die Schallgeschwindigkeit in Kohlendioxid/Wasser-Gemischen in Abhängigkeit vom Anteil des Wassers bei einem Druck von 3 MPa und zwei unterschiedlichen Temperaturen;
- 20 Fig. 3 die Abweichung des Volumenstroms in % bei der Expansion von Kohlendioxid/Wasser-Gemischen gegenüber Luft für drei unterschiedliche Wasseranteile;
- 25 Fig. 4 prozentuale Abweichungen zwischen Axialgeschwindigkeiten, die sich in einer für Luft optimierten Turbine einstellen, und Axialgeschwindigkeiten in einer mit verschiedenen Kohlendioxid/Wasser-Gemischen betriebenen, erfindungsgemäss modifizierten 5-stufigen Turbine;

Fig. 5 in einer schematisierten Darstellung den inneren Aufbau eines Verdichters oder einer Turbine mit der zugehörigen Beschaufelung und einer Mehrzahl von Leitgittern; und

5 Fig. 6 in mehreren Teilfiguren in axialer Richtung gesehen ein beispielhaftes Leitgitter ohne Modifizierung (Fig. 6a), mit einer sektoriellen Teilbeaufschlagung gemäss einer Ausgestaltung der Erfindung (Fig. 6b), mit einer radialen Teilbeaufschlagung gemäss einer anderen Ausgestaltung der Erfindung (Fig. 6c) und mit verstellbaren
10 Leitschaufeln gemäss einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung (Fig. 6d).

15 WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

15

Der Verdichter 1 und die Turbine 3 der Gasturbinenanlage aus Fig. 1 haben den in Fig. 5 vereinfacht dargestellten inneren Aufbau, wobei sich die Hochdruckseite (beim Verdichter 1 die Auslassseite, bei der Turbine 3 die Einlassseite) auf der linken Seite der Darstellung befindet. Der Verdichter 1 bzw. die Turbine 3 haben
20 einen um eine Achse 23 drehbaren Rotor 18 mit einer mehrstufigen Beschaufelung, die aus einzelnen Sätzen von Laufschaufeln 21 besteht. Der Rotor 18 mit der Beschaufelung ist von einem Gehäuse 19 umgeben. Zwischen den Sätzen von Laufschaufeln 21 sind jeweils ortsfeste Leitgitter 20 mit entsprechenden Leitschaufeln angeordnet. Zwischen den Leitschaufeln der Leitgitter 20 verlaufen in
25 dem Zwischenraum von Rotor 18 und Gehäuse 19 Strömungskanäle 22 (siehe auch Fig. 6a).

Gemäss der Erfindung werden nun Rotor 18 und Gehäuse 19 eines für das Arbeitsmedium Luft ausgelegten Verdichters 1 und/oder einer für das Arbeitsmedium
30 Luft ausgelegten Turbine 3 beibehalten. Zur Anpassung an das von Luft verschiedene Expansionsverhalten des Arbeitsmediums Kohlendioxid/Wasser werden im

wesentlichen Modifikationen der Strömungskanäle 22 und/oder der Laufschaufeln 21 und/oder der Leitgitter 20 vorgenommen.

- 5 Eine erste Möglichkeit zur Modifikation besteht darin, die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter 1 und/oder Turbine 3 dadurch zu reduzieren, dass ein Teil der Strömungskanäle 22 im zugehörigen Leitgitter 20 durch über den Umfang verteilt angeordnete blockierten Sektoren 24 verschlossen sind (Fig. 6b; sektorielle Teilbeaufschlagung).
- 10 Eine zweite Möglichkeit der Modifikation besteht darin, dass die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter 1 und/oder Turbine 3 durch Einfügen von ringförmigen Strömungshindernissen 25 in den Leitgittern 20 reduziert sind (Fig. 6c; radiale Teilbeaufschlagung).
- 15 Eine dritte Möglichkeit der Modifikation besteht darin, dass die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter 1 und/oder Turbine 3 durch verstellbare Leitgitter 20 mit verstellbaren Leitschaufeln 26 reduziert werden (Fig. 6d; in der Figur ist der Einfachheit halber nur eine beispielhafte verstellbare Leitschaufel 26 eingezeichnet, deren Verstellbarkeit durch die gestrichelten Linien
- 20 angedeutet ist).

Es ist aber auch denkbar, dass die freien Strömungsquerschnitte in Verdichter 1 und/oder Turbine 3 unverändert bleiben, und statt dessen die Beschaufelung (Laufschaufeln 21) des Verdichters 1 bzw. der Turbine 3 durch eine geänderte

25 Ausgestaltung der Schaufelgeometrie an die veränderten Axialgeschwindigkeiten angepasst ist.

Am Beispiel einer fünfstufigen Turbine zeigt Fig. 4 prozentuale Abweichungen zwischen Axialgeschwindigkeiten, die sich in einer für Luft optimierten Turbine einstellen, und Axialgeschwindigkeiten in mit verschiedenen Kohlendioxid/Wasser-

30 Gemischen betriebenen, erfindungsgemäss modifizierten Turbinen. Die weitgehende Angleichung der Axialgeschwindigkeiten wird in diesem Falle durch abge-

stufte Reduzierung der zur Verfügung stehenden Strömungsquerschnitte in den einzelnen Stufen der Turbine erreicht. Die nachfolgende Tabelle 1 fasst die für die verschiedenen Zusammensetzungen gewählten Querschnittsverhältnisse zusammen.

5

Zusammen- setzung	Bezogene Strömungsquerschnitte $A_{\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}}/A_{\text{Luft}}$				
	1. Stufe	2. Stufe	3. Stufe	4. Stufe	5. Stufe
$X_{\text{H}_2\text{O}} = 0.10$	0.76	0.83	0.88	0.93	1
$X_{\text{H}_2\text{O}} = 0.45$	0.78	0.84	0.89	0.94	1
$X_{\text{H}_2\text{O}} = 0.65$	0.79	0.85	0.90	0.94	1

Tabelle 1. Bezogenes Verhältnis der freien Strömungsquerschnitte in den Stufen von für den Betrieb mit Kohlendioxid/Wasser-Gemischen modifizierten Turbinen

10

Beim Auftreten von Inertgasen im Arbeitsmedium ist es weiterhin von Vorteil, wenn in Verdichter 1 und/oder Turbine 3 verstellbare Leitschaufeln 26 des Leitgitters 20 vorgesehen sind, um durch die Inertgase bedingte Variationen der thermodynamischen Eigenschaften des Arbeitsmediums zu kompensieren.

15

Auch kann es bei der Gasturbinenanlage 16 der Erfindung von Vorteil sein, wenn die Wärmesenke 4 zur Erzeugung von Dampf ausgelegt ist, und wenn ein Teilstrom 13 des erzeugten Dampfes zur Kühlung thermisch belasteter Bauteile der Turbine 3 zugeführt wird. Diese Wärmesenke 4 kann auch zur Erzeugung einer Dampfmenge zum Betrieb einer in der Zeichnung nicht näher dargestellten Dampfturbine ausgelegt werden. Der benötigte Teilstrom 13 kann dann aus dieser Dampfmenge abgezweigt werden.

20

Schliesslich ist es aber auch möglich, dass in der Gasturbinenanlage 16 aus Fig. 1 Mittel zur Verflüssigung des Arbeitsmediums durch Wärmeabfuhr vorgesehen sind, und dass an Stelle des Verdichters 1 eine Pumpe eingesetzt wird.

25

BEZUGSZEICHENLISTE

	1	Verdichter
	2	Brennkammer
	3	Turbine
5	4	Kühler/Abwärmeverwerter
	5	Wasserabscheider
	6	Entnahmestelle (Kohlendioxid, Wasser)
	7	Brennstoff (Kohlenwasserstoff)
	8	Sauerstoff
10	9	Luftzerlegungsanlage
	10	Luft
	11	Restgase (Stickstoff, Argon)
	12	Einspritzdampf
	13	Teilstrom (Dampf)
15	14	Wasser
	15	Generator
	16	Gasturbinenanlage
	17	Dampf
	18	Rotor
20	19	Gehäuse
	20	Leitgitter
	21	Laufschaufel
	22	Strömungskanal
	23	Achse
25	24	blockierter Sektor
	25	Strömungshindernis (ringförmig)
	26	verstellbare Leitschaufel

PATENTANSPRÜCHE

1. Gasturbinenanlage (16), umfassend einen Verdichter (1), eine Brennkammer (2), eine Turbine (3) und mindestens einer Wärmesenke (4), welche Gasturbinenanlage (16) mit einem Arbeitsmedium in Form eines Kohlendioxid/Wasser-Gemisches betrieben wird, wobei in der Brennkammer (2) ein Kohlenwasserstoff als Brennstoff (7) mit Sauerstoff (8) reagiert, und wobei das dadurch entstehende überschüssige Kohlendioxid und Wasser (14) dem Kreislauf an geeigneter Stelle (5, 6) entnommen wird, bei welcher Gasturbinenanlage (16) der Verdichter (1) und die Turbine (3) jeweils einen Rotor (18) und ein Gehäuse (19) aufweisen, zwischen denen Strömungskanäle (22) für das Arbeitsmedium verlaufen, auf dem Rotor (18) Laufschaufeln (21) und in den Strömungskanälen (22) Leitgitter (20) angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdichter (1) und/oder die Turbine (3) einen Rotor (18) und ein Gehäuse (19) aufweisen, welche weitgehend einem Rotor und einem Gehäuse eines für das Arbeitsmedium Luft ausgelegten Verdichters bzw. einer für das Arbeitsmedium Luft ausgelegten Turbine entsprechen, und dass bei dem Verdichter (1) und/oder der Turbine (3) die Anpassung an das von Luft verschiedene Expansionsverhalten des Arbeitsmediums im wesentlichen durch Modifikationen der Strömungskanäle (22) und/oder der Laufschaufeln (21) und/oder der Leitgitter (20) bewirkt wird.

2. Gasturbinenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter (1) und/oder Turbine (3) durch Blockieren eines Teils der Strömungskanäle (22) im Leitgitter (20) in Form von blockierten Sektoren (24) reduziert sind.

3. Gasturbinenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter (1) und/oder Turbine (3) durch Einfügen ringförmiger Strömungshindernisse (25) in den Leitgittern (20) reduziert sind.

4. Gasturbinenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die freien Strömungsquerschnitte auf der Hochdruckseite von Verdichter (1) und/oder Turbine (3) durch verstellbare Leitgitter (20, 26) reduziert werden.

5 5. Gasturbinenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die freien Strömungsquerschnitte in Verdichter (1) und/oder Turbine (3) unverändert bleiben und statt dessen die Beschaufelung (21) des Verdichters (1) bzw. der Turbine (3) an die veränderten Axialgeschwindigkeiten angepasst ist.

10 6. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass in Verdichter (1) und/oder Turbine (3) verstellbare Leitgitter (20, 26) vorgesehen sind, um durch Inertgase bedingte Variationen der thermodynamischen Eigenschaften des Arbeitsmediums zu kompensieren.

15 7. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmesenke (4) zur Erzeugung von Dampf ausgelegt ist, und dass mindestens ein Teilstrom (13) des erzeugten Dampfes zur Kühlung thermisch belasteter Bauteile der Turbine (3) zugeführt wird.

20 8. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmesenke (4) zur Erzeugung von Dampf für den Betrieb einer Dampfturbine ausgelegt ist, und dass ein Teilstrom (13) des erzeugten Dampfes zur Kühlung thermisch belasteter Bauteile der Turbine (3) zugeführt wird.

25 9. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Verflüssigung des Arbeitsmediums durch Wärmeabfuhr vorgesehen sind, und dass an Stelle des Verdichters (1) eine Pumpe vorgesehen ist.

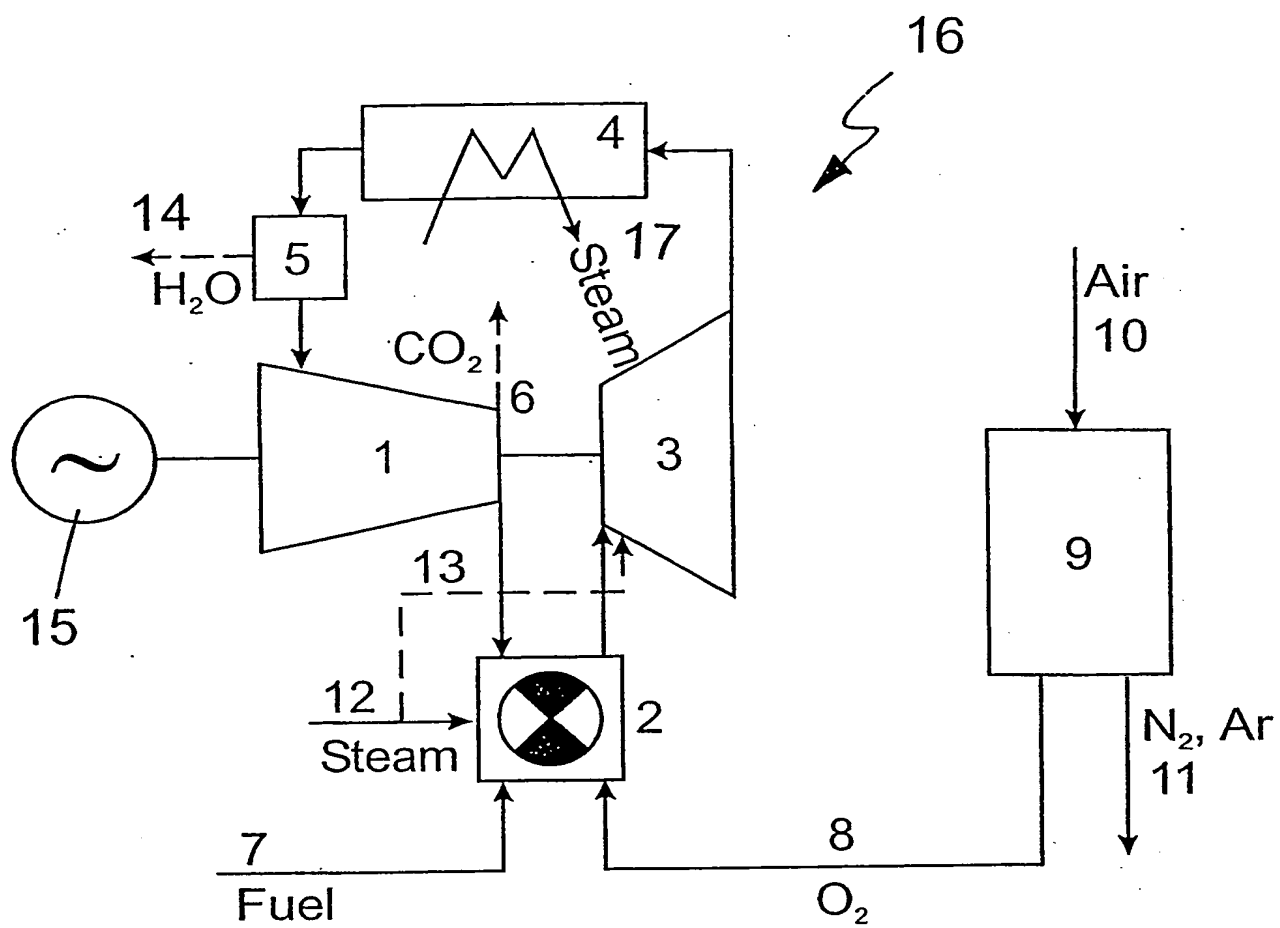


Fig. 1

THIS PAGE BLANK (USPTO)

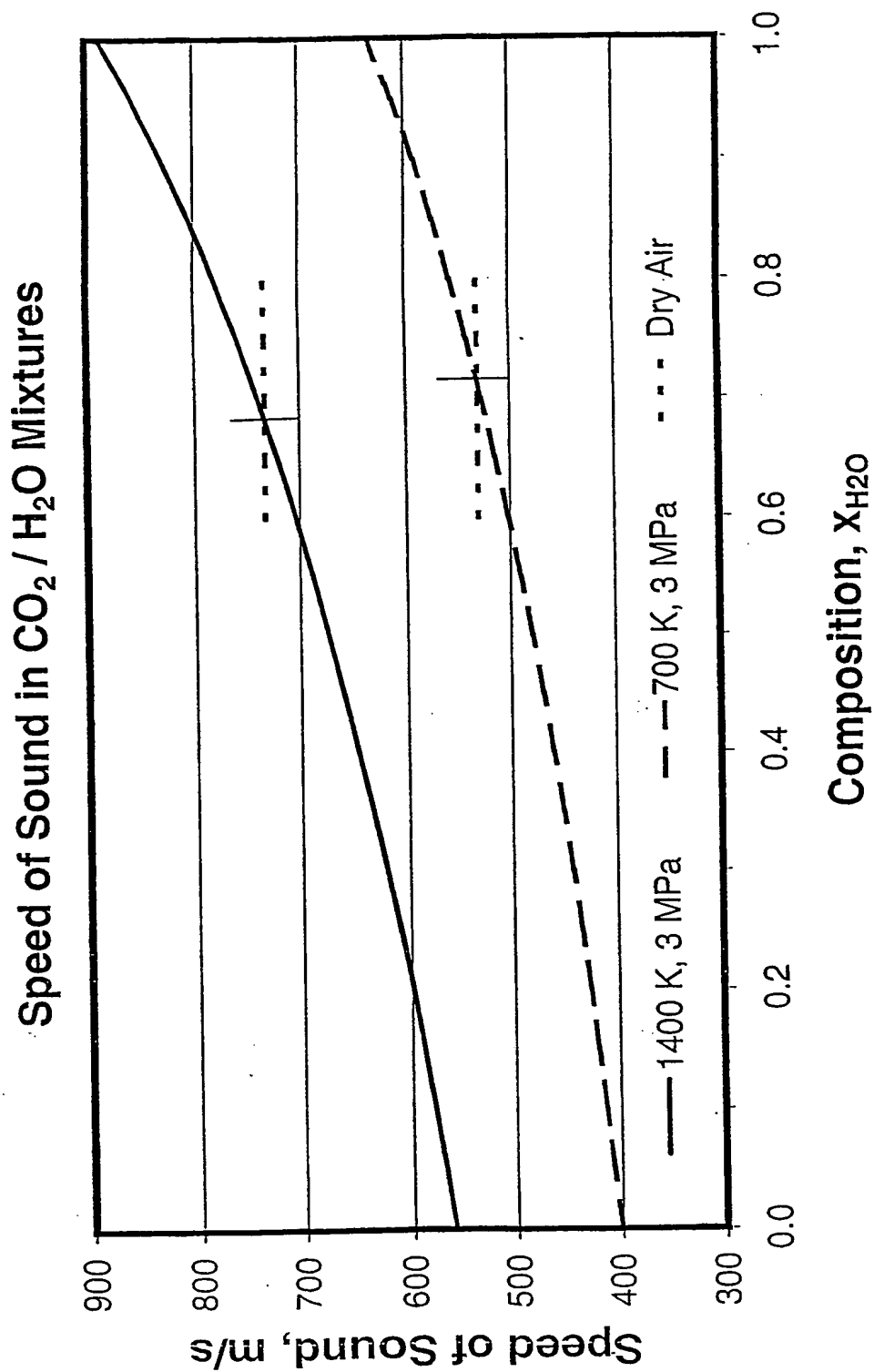


Fig. 2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

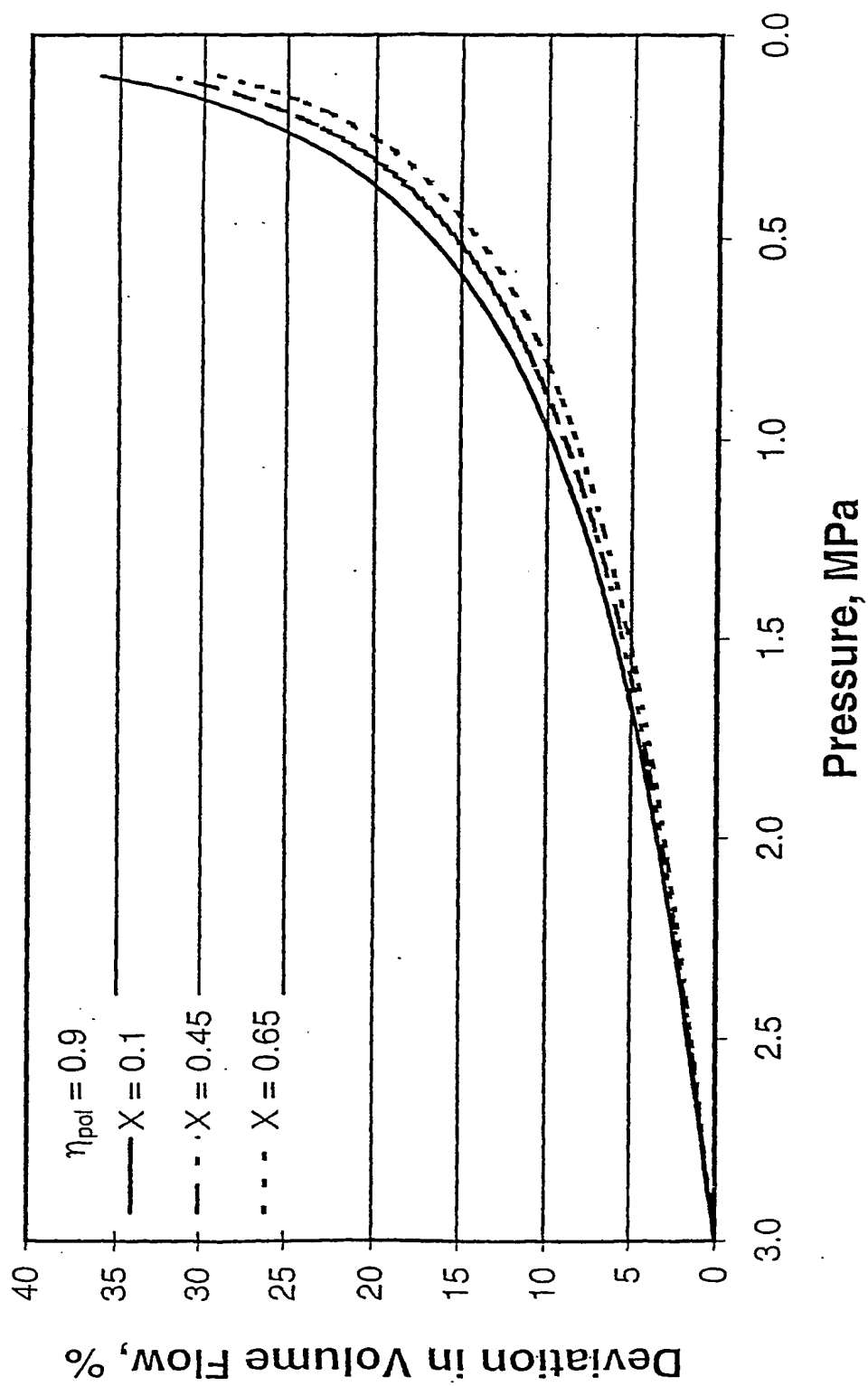


Fig. 3

THIS PAGE BLANK (USPTO)

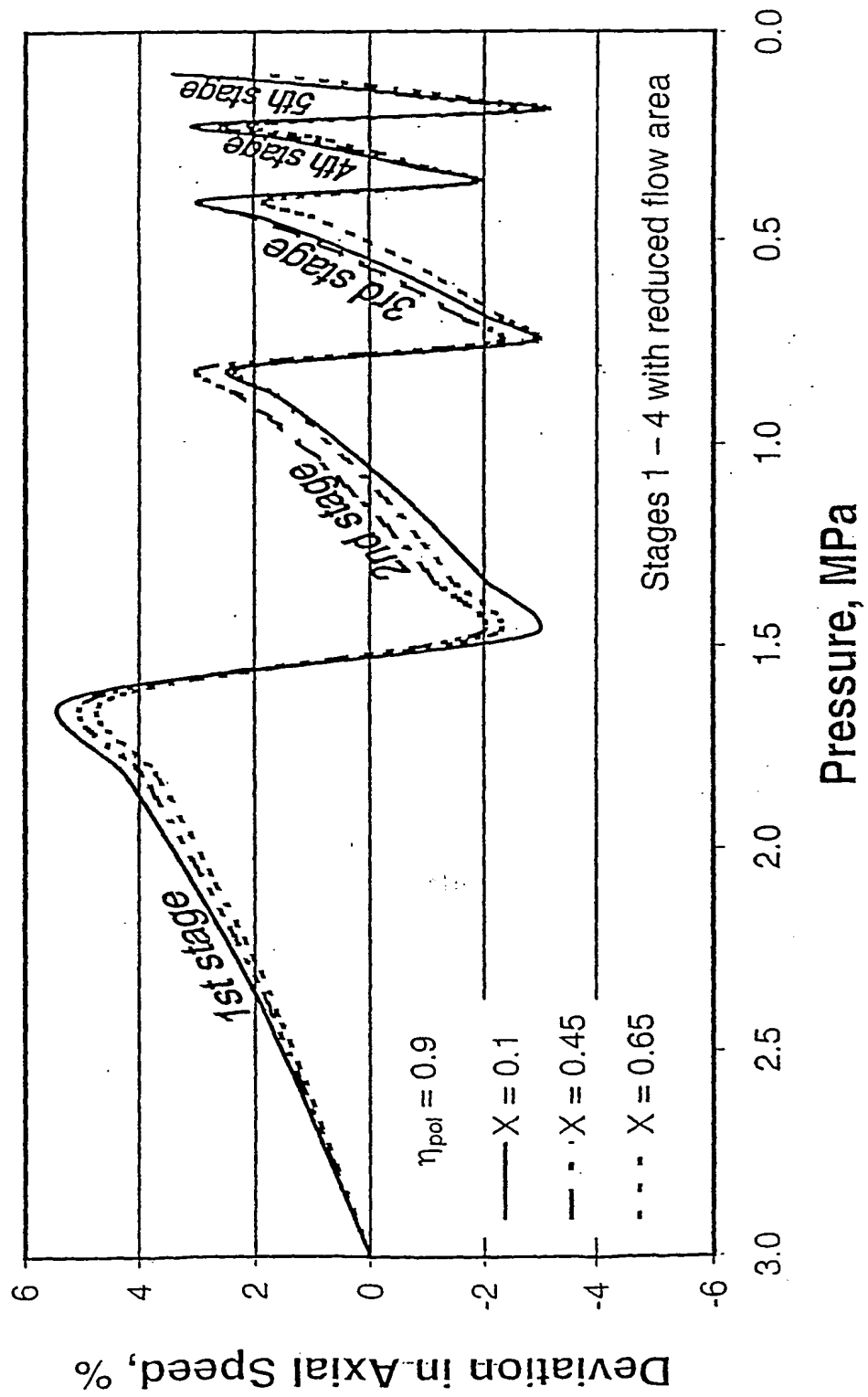


Fig. 4

THIS PAGE BLANK (USPTO)

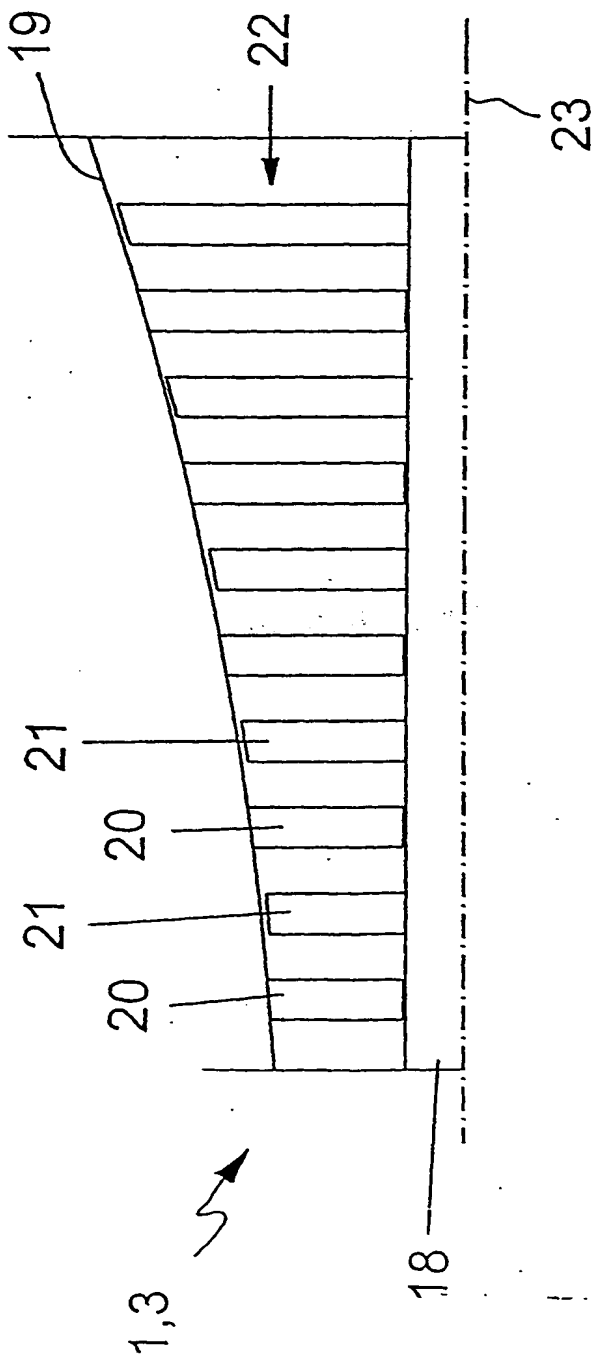


Fig. 5

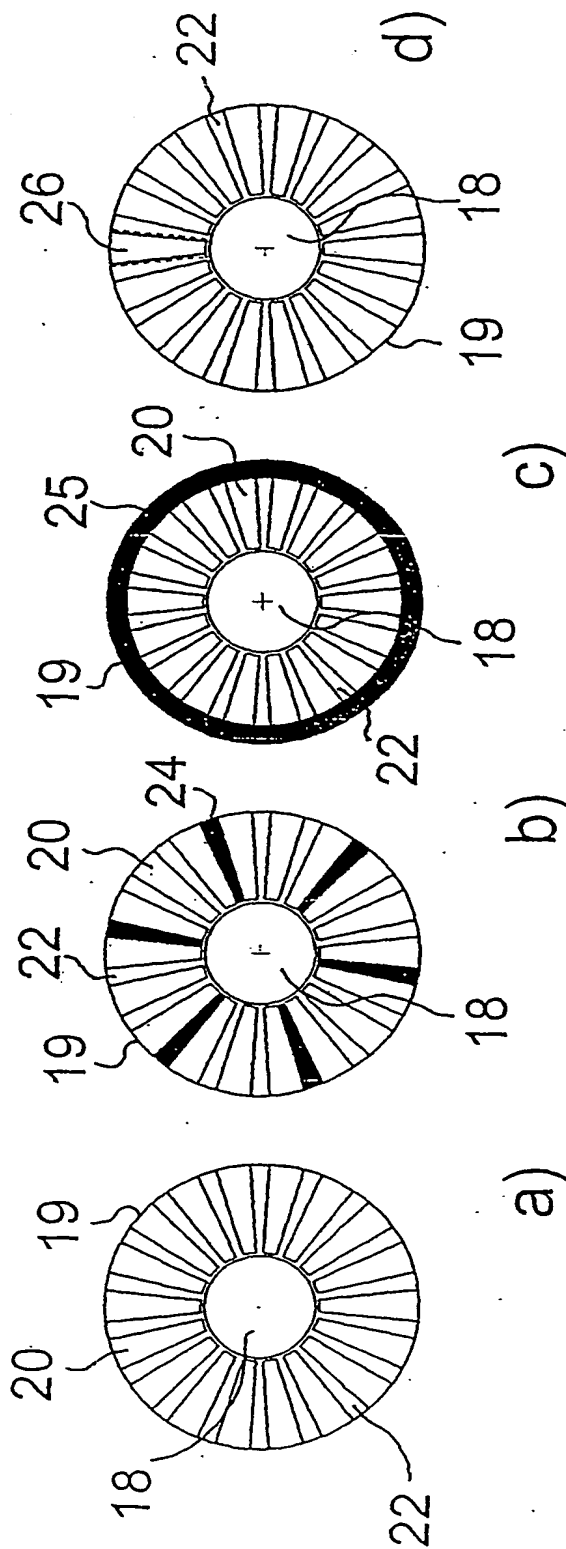


Fig. 6

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/IB 02/03912

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02C6/18 F02C1/10 F01D17/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02C F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 953 748 A (ASEA BROWN BOVERI) 3 November 1999 (1999-11-03) column 4, line 20 - line 57 column 5, line 48 - line 52 column 8, line 15 - line 20 figures	1-9
Y	EP 1 010 857 A (ABB ALSTOM POWER CH AG) 21 June 2000 (2000-06-21) abstract paragraph '0004! - paragraph '0009! paragraph '0015! - paragraph '0017! figures -/-	1-9



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 November 2002

Date of mailing of the international search report

27/11/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mielimonka, I

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/IB 02/03912

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 342 169 A (MUELLER FERDINAND) 30 August 1994 (1994-08-30) column 1, line 43 - line 47 column 2, line 11 - line 47 figure 1	1,3-6
A	WO 86 06790 A (NORDIC MICRO TURBO AB) 20 November 1986 (1986-11-20) page 3, line 15 - line 35 abstract claim 1	1-3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/IB 02/03912

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0953748	A	03-11-1999	EP 0953748 A1 NO 991978 A US 6269624 B1	03-11-1999 29-10-1999 07-08-2001
EP 1010857	A	21-06-2000	EP 1010857 A1 JP 2000179301 A US 6308407 B1	21-06-2000 27-06-2000 30-10-2001
US 5342169	A	30-08-1994	DE 4213709 A1 CN 1080356 A , B CZ 9300720 A3 DE 59302726 D1 DK 567784 T3 EP 0567784 A1 FI 931834 A JP 6010687 A PL 298654 A1 RU 2060399 C1	28-10-1993 05-01-1994 17-11-1993 04-07-1996 21-10-1996 03-11-1993 26-10-1993 18-01-1994 02-11-1993 20-05-1996
WO 8606790	A	20-11-1986	SE 452352 B AT 50023 T DE 3668663 D1 EP 0256017 A1 JP 62502763 T SE 8502167 A WO 8606790 A1	23-11-1987 15-02-1990 08-03-1990 24-02-1988 22-10-1987 04-11-1986 20-11-1986

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB 02/03912

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F02C6/18 F02C1/10 F01D17/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 F02C F01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 953 748 A (ASEA BROWN BOVERI) 3. November 1999 (1999-11-03) Spalte 4, Zeile 20 - Zeile 57 Spalte 5, Zeile 48 - Zeile 52 Spalte 8, Zeile 15 - Zeile 20 Abbildungen	1-9
Y	EP 1 010 857 A (ABB ALSTOM POWER CH AG) 21. Juni 2000 (2000-06-21) Zusammenfassung Absatz '0004! - Absatz '0009! Absatz '0015! - Absatz '0017! Abbildungen	1-9

-/--

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. November 2002

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

27/11/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mielimonka, I

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 342 169 A (MUELLER FERDINAND) 30. August 1994 (1994-08-30) Spalte 1, Zeile 43 - Zeile 47 Spalte 2, Zeile 11 - Zeile 47 Abbildung 1	1,3-6
A	WO 86 06790 A (NORDIC MICRO TURBO AB) 20. November 1986 (1986-11-20) Seite 3, Zeile 15 - Zeile 35 Zusammenfassung Anspruch 1	1-3

INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/IB 02/03912

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0953748	A	03-11-1999	EP 0953748 A1	03-11-1999
			NO 991978 A	29-10-1999
			US 6269624 B1	07-08-2001
EP 1010857	A	21-06-2000	EP 1010857 A1	21-06-2000
			JP 2000179301 A	27-06-2000
			US 6308407 B1	30-10-2001
US 5342169	A	30-08-1994	DE 4213709 A1	28-10-1993
			CN 1080356 A ,B	05-01-1994
			CZ 9300720 A3	17-11-1993
			DE 59302726 D1	04-07-1996
			DK 567784 T3	21-10-1996
			EP 0567784 A1	03-11-1993
			FI 931834 A	26-10-1993
			JP 6010687 A	18-01-1994
			PL 298654 A1	02-11-1993
			RU 2060399 C1	20-05-1996
WO 8606790	A	20-11-1986	SE 452352 B	23-11-1987
			AT 50023 T	15-02-1990
			DE 3668663 D1	08-03-1990
			EP 0256017 A1	24-02-1988
			JP 62502763 T	22-10-1987
			SE 8502167 A	04-11-1986
			WO 8606790 A1	20-11-1986

THIS PAGE BLANK (USPTO)